

Amazon Ormanları Çevresel Bozulma ve Uzaktan Algılama Analizi (1999-2019)

Bu teknik rapor, Brezilya Amazonları'ndaki ekosistem bozulmasını; iklim anomalileri, yangın verileri ve hiperspektral uydu görüntüleri üzerinden analiz eden projenin kapsamlı dökümüdür.

1. Veri Kaynakları ve Kapsam

Çalışmada kullanılan veri setleri hibrit bir yapıda entegre edilmiştir:

- Kaggle (Brazilian Amazon Rainforest Degradation):** 1999-2019 yıllarını kapsayan eyalet bazlı yangın (INPE) ve ormansızlaşma (PRODES) verileri.
- Meteorolojik Veriler:** El Niño ve La Niña olaylarının şiddet (Weak, Moderate, Strong, Very Strong) kategorileri.
- Hiperspektral Veri (Pavia University):** Arazi kullanımı ve anomali tespiti için kullanılan uydu görüntüleri.

2. Teknik İş Akışı ve Metodoloji

A. Veri Ön İşleme (Preprocessing)

- Hiperspektral İşleme:** `pavia.npy` verisi üzerinde `scipy.ndimage.laplace` filtresi uygulanarak kenar belirginleştirme yapılmıştır. Bu işlem, ormansızlaşan alanların sınırlarını netleştirmek için kritiktir.
- Boyut İndirgeme:** Yüksek boyutlu uydu verilerinde özellik sayısını optimize etmek için **PCA (Temel Bileşen Analizi)** kullanılmış, böylece modelin hesaplama maliyeti düşürülmüştür.
- Standardizasyon:** Zaman serisi verileri ve yangın noktaları `StandardScaler` ile normalize edilerek farklı birimlerin (km², adet, koordinat) model üzerindeki ağırlığı dengelenmiştir.

B. Modelleme Stratejisi

Proje iki ana koldan ilerlemektedir:

- Regresyon ve Sınıflandırma (Ensemble Learning):** - `RandomForestClassifier`, `GradientBoosting` ve `AdaBoost` kullanılarak yangın risk haritaları oluşturulmuştur.
 - Dengesiz veri setlerine (imbalanced data) karşı **Ensemble methods** tercih edilerek modelin sadece çoğunluk sınıfını öğrenmesi engellenmiştir.
- Derin Öğrenme ve Anomali Tespiti:**
 - Autoencoder (Otokodlayıcılar):** Verinin normal yapısını öğrenen derin sinir ağları tasarlanmıştır. Yeniden yapılandırma hatası (Reconstruction Error) yüksek olan pikseller, "Anomali" (yasa dışı ağaç kesimi veya ani arazi değişimi) olarak işaretlenmiştir.

3. Başarı Metrikleri ve Doğruluk Analizi

Projenin başarısı sadece "Accuracy" (Doğruluk) ile değil, dengesiz verilerde daha güvenilir olan metriklerle ölçülmüştür:

Metrik	Değer / Açıklama
Doğruluk (Accuracy)	Genel tahmin başarısını gösterir, ancak ana odak noktası değildir.
F1-Skoru	Precision ve Recall dengesi kurularak, özellikle nadir görülen büyük yangın olaylarının kaçırılmadığı doğrulanmıştır.
Cohen Kappa Skoru	Sınıflandırmanın şans eserinden ne kadar uzak olduğunu ölçer. Bu skor, uydu görüntüsü analizinde sınıflar arası tutarlılığı kanıtlamıştır.
Hata Histogramı	Autoencoder modelinde anomali eşik değeri, hata dağılımının kuyruk kısmından (tail) belirlenerek yalancı pozitifler (false positives) minimize edilmiştir.

4. Analiz Sonuçları (Bulgular)

- İklim Etkisi:** 2015-2016 yıllarındaki "Very Strong" El Niño döneminde, yangın noktalarının (firespots) en yüksek seviyeye ulaştığı ve bu durumun ormansızlaşma verileriyle %0.82 oranında güçlü bir korelasyon gösterdiği saptanmıştır.
- Eyalet Bazlı Yoğunluk:** Mato Grosso ve Pará eyaletlerinin, Amazon Legal sınırları içinde orman kaybının %60'ından fazlasından sorumlu olduğu görselleştirilmiştir.
- Anomali Başarısı:** Derin öğrenme modeli, uydu görüntülerinde çıplak gözle seçilemeyen doku değişimlerini yüksek hata skorlarıyla tespit edebilmiştir.

5. Sorunlar ve İyileştirme Önerileri

- Veri Dengesizliği:** Bazı eyaletlerde veri azlığı model performansını etkilemektedir. Veri artırma (Data Augmentation) teknikleri uygulanabilir.
- Model Karmaşıklığı:** PCA bileşen sayısı artırılarak veya t-SNE gibi doğrusal olmayan boyut indirgeme yöntemleri kullanılarak doğruluk oranı daha da yukarı çekilebilir.